

Aus dem Institut für Anaesthesiologie
am Klinikum Minden
Leiter: Prof. Dr. H. Nolte
und der Medizinischen Fakultät
der Johann Gutenberg Universität zu Mainz

**Druck – Volumen – Bestimmung
bei der intravenösen Regionalanaesthesie**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktorgrades
der Medizin
der Johann Gutenberg Universität Mainz

dem Fachbereich Medizin
vorgelegt von
Bendix Jebsen
aus Dagebüll

Mainz 1984

Fachbereichsdekan: Prof. Dr. W. Ketterl

1. Gutachter: Prof. Dr. H. Nolte

2. Gutachter: Prof. Dr. M. Halmagyi

Tag der Promotion: 17. Okt. 1984

DRUCK - VOLUMEN - BESTIMMUNG

BEI DER INTRAVENÖSEN REGIONALANAESTHESIE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	3
B. Methodik	5
C. Ergebnisse	
1. Volumenmessung	8
2. peripherer Venendruck an der blutgefüllten, gestauten Extremität	9
3. peripherer Venendruck an der blutleeren, gestauten Extremität	10
4. Venendruckverlauf	11
5. Röntgenbilddarstellung	12
6. klinische Beobachtungen	13
D. Diskussion	16
E. Zusammenfassung	25
F. Literaturverzeichnis	27
G. Anhang: Tabellen	34
Abbildungen	41
H. Lebenslauf	55

Fragestellung:

- 1.) Welche Beziehung besteht zwischen dem peripheren Venendruck und dem intravasalen Volumen der oberen Extremität unter den Bedingungen der intravenösen Regionalanästhesie?
- 2.) Gibt es eine Abhängigkeit des peripheren Venendruckes vom Körpergewicht und vom Armvolumen?
- 3.) Wie verteilt sich das injizierte Kontrastmittelgemisch an der oberen Extremität?
- 4.) Welche Rückschlüsse ergeben sich für die Durchführung der intravenösen Regionalanästhesie?

A Einleitung:

Die von Bier (6) inaugurierte Methode der intravenösen Applikation von Lokalanästhetika (0,5 % Procain) war in der Modifikation von McHolmes (26) zu einer Anästhesiemethode herangereift, die durch eine hohe Anästhesiesicherheit und Praktikabilität Eingang in die Routine der klinischen Anästhesie gefunden hat. Während seit Bell (4), McHolmes (26) und Hoyle (20) die Technik der intravenösen Regionalanästhesie (IVRA) im Prinzip nicht verändert worden ist, bestehen über die Beurteilung des Volumen-Konzentrations-Verhältnisses des Lokalanästhetikums kontroverse Meinungen. Nicht zuletzt, weil über die intravasale Kapazität der Extremitäten und die Verteilung von Lokalanästhetika nur wenige Untersuchungen vorliegen. Grundsätzliche Einwände gegen die intravenöse Regionalanästhesie (IVRA) sind nur vereinzelt gemacht worden (23). Die überwiegende Zahl der Autoren befürwortet, bei Beachtung der dieser Anästhesiemethode eigenen Besonderheiten, die Anwendung der IVRA, zumal die Zuverlässigkeit der analgetischen Wirkung hoch eingeschätzt wird (5,7,9,10,12,13,26,29,33,37). Um diesen Fragen nachzugehen wurden in der vorliegenden Studie wasserplethysmographische Volumenbestimmungen an der oberen Extremität durchgeführt.

Über die plethysmographische Bestimmung der Armvolumina hinaus wurde untersucht, wie sich der periphere Venendruck (pVD) an der oberen Extremität unter den Bedingungen der IVRA, und den veränderten rheologischen und pharmakokinetischen Bedingungen, verhält.

Die allgemeine Forderung von Clauberg (7) nach einem ausge-

wogenen Verhältnis zwischen der Konzentration und der Lokalanästhetikamenge, sowie der Gefäßkapazität des isolierten Gefäßbettes, soll durch das vorliegende Bild- und Zahlenmaterial untermauert werden.

Klinische Beobachtungen über die Nebenwirkungen bei der Versuchsdurchführung werden abschließend diskutiert.

B Methode:

Es wurden 15 freiwillige, gesunde Probanden ausgewählt und entsprechend dem plethysmographisch gemessenen Armvolumen (bis Mitte M. biceps) und dem errechneten intravasalen Volumen, in Zusammenhang mit der Körpergröße und dem Körpergewicht, in zwei Gruppen eingeteilt:

Gruppe A: 7 Probanden mit einem niedrigeren Armvolumen und somit geringeren intravasalen Volumen.

Gruppe B: 8 Probanden mit einem höheren Arm- und größeren intravasalen Volumen.

Die Venendruckmessung (pVD) erfolgte in Ellenbogenhöhe nach dem Prinzip der Flüssigkeitsmanometrie nach Moritz und von Tabora (28):

Mit Hilfe eines Dreiwegehahnes wurde an eine großlumige Plastikverweilkanüle (Braunüle^R Viggo 1,7 oder 2,0) ein Manometersystem, bestehend aus einem Polyvenylschlauch und einer Zentimeterskala, angeschlossen, das an einem Infusionsständer befestigt wurde. Zur Messung wird das System aus einer Infusionsflasche mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt. Durch Einstellung eines kommunizierenden Gefäßsystem stellte sich die Flüssigkeitssäule bis zur Höhe des vorliegenden Venendruckes ein. Er ist dort direkt in cm Wassersäule (cm H₂O) ablesbar. Zur Nullpunktbestimmung wurde der Meßplattennullpunkt auf die Mitte des Ellenbogens zentriert. (Abb. 1)

Die erste periphere Venendruckmessung (pVD) diente der Bestimmung des physiologischen peripheren Venendruckes an der

ungestauten oberen Extremität. Das Anlegen einer pneumatischen Manschette mit der Unterkante in Bicepsmitte und dessen rasches Aufpumpen mit einem Kompressionsapparat auf 300 mmHg war Voraussetzung für eine weitere pVD-Messung. In die mit 300 mmHg gestaute Extremität wurden langsam (weniger als 50 ml pro Minute) 15 ml eines Gemisches aus 50 % Kontrastmittel (Telebrix 300^R), 25 % physiologische Kochsalzlösung und 25 % Mepivacain (Meaverin 0,5 % ^R) unter Röntgendurchleuchtungskontrolle injiziert. Danach schloß sich eine weitere pVD-Bestimmung an. Entsprechend dem gemessenen Druckanstieg und der röntgenologisch sichtbaren Füllung wurden weitere 10, 15 oder 25 ml injiziert, mit wiederholter Druckmessung und abschließender Röntgenbilddokumentation.

Mit dem fraktionierten Öffnen des Tourniquets unter ständiger Blutdruck- und Pulskontrolle wurde der erste Teil der Untersuchung nach ca. 10. Minuten beendet.

Die im zweiten Teil der Studie mit einer Esmarch-Binde exsanguinierte und mit der bis 300 mmHg gestauten Manschette blutleer gehaltene Extremität wurde fraktioniert mit dem Gemisch aus Kontrastmittel, Lokalanästhetikum und physiologischer Kochsalzlösung gefüllt. Eine vorher beabsichtigte Bestimmung des peripheren Venendruckes war nicht möglich, da sowohl eine hohe als auch eine niedrige Flüssigkeitssäule im Meßschlauch keine Veränderung erfuhr.

Injiziert wurden zunächst 30 ml Flüssigkeit mit anschließender pVD-Registrierung und Röntgenbilddokumentation. Die weitere fraktionierte Volumengabe erfolgte entsprechend dem Grad des

pVD-Anstieges und der gemessenen Armvolumina. Es wurden der Gruppe A zweimal 15 ml, bzw. der Gruppe B zweimal 20 ml verabreicht.

Vier Probanden der Gruppe B mit dem größten intravasalen Volumen wurden weitere 10 ml injiziert. Das bedeutete eine Gesamtinjektionsmenge von 80 ml in die blutleere obere Extremität.

Mit dem fraktionierten Öffnen des Tourniquets unter ständiger Blutdruck- und Pulskontrolle wurde nach cirka 45 Minuten der Versuch beendet.

Für mögliche Zwischenfälle wurden alle notwendigen Medikamente und Geräte auch zur Cardio-pulmonalen-Wiederbelebung bereitgehalten.

C Ergebnisse:

1. Volumenbestimmung:

Die mit Hilfe der Flüssigkeitsplethysmographie bestimmten Armvolumina lagen für das Gesamtkollektiv im Mittel bei $2080 \pm 487 \text{ cmH}_2\text{O}$ (Streubreite: 1380 - 2790 ml). Die am blutleeren Arm wiederholte Messung zeigte entsprechend niedrigere Werte, im Mittel $1955 \pm 467 \text{ cmH}_2\text{O}$ (Streubreite: 1290 - 2630 ml). Die Differenzwerte der Einzelmessungen dienten der Beurteilung der intravasalen Kapazität der oberen Extremität. Auf eine Differenzierung in arterielle und venöse Teilvolumina wurde wegen der Vielzahl möglicher verfälschender Einflüsse (Gefäßtonus, Temperatur etc.) verzichtet.

Folgende Werte wurden für die Gruppen A und B bestimmt:

Tabelle 1

Gruppe A		N = 7	
mittlere Körpergröße	(cm)	$167 \pm 4,0$	(162 - 172)
mittleres Körpergewicht	(kg)	$58 \pm 5,0$	(50 - 63)
mittleres Armvolumen	(ml)	1630 ± 182	(1380 - 1850)
mittleres Armvolumen in Blutleere	(ml)	1525 ± 173	(1290 - 1740)
mittleres intravasales Armvolumen	(ml)	104 ± 16	(80 - 130)

Tabelle 2

Gruppe B		N = 8	
mittlere Körpergröße	(cm)	184 $\pm$ 6,4	(177 - 190)
mittleres Körpergewicht	(kg)	80,75 $\pm$ 5.3	(72 - 84)
mittleres Armvolumen	(ml)	2475 $\pm$ 261	(2100 - 2790)
mittleres Armvolumen in Blutleere	(ml)	2330 $\pm$ 257	(1970 - 2630)
mittleres intravasales Armvolumen	(ml)	144 $\pm$ 17	(120 - 170)

in Klammern : Streubreite

2. peripherer Venendruck an der blutgefüllten,
gestauten Extremität.

Die gemessenen physiologischen Venendrucke ergeben im
Mittel $22 \pm 3,3$ cmH₂O (Streubreite: 15,5 - 29 cmH₂O).

Die Mittelwerte der Venendruckanstiege nach Anlegen der
Blutsperre und fraktionierter Injektion von 15, 25 bzw.
30 ml Flüssigkeit zeigen einem im t - Test signifikanten
Anstieg ($p < 0,005$).

Die gruppengetrennte Darstellung der pVD - Verläufe zeigen
nach 15 ml bei der Gruppe A pVD - Anstiege auf durchschnitt-
lich $40 \pm 6,3$ cmH₂O, in der Gruppe B auf durchschnittlich
 $35 \pm 6,8$ cmH₂O (Abb. 2 und 3). Das Ergebnis ist ein bei beiden
Gruppen zu beobachtender volumenbezogener, annähernd linearer,
im t - Test signifikanter ($p < 0,005$) Druckanstieg.

Ein mittlerer Enddruck von $56 \pm 7,3$ cmH₂O wird in der Gruppe
A nach Injektion von 25 ml erreicht. Der Gruppe B konnten,

entsprechend dem größeren intravasalen Volumen, zunächst 30 ml Flüssigkeit injiziert werden. Der periphere Venendruck erreichte dabei einen mittleren Anstieg auf $46 \pm 7,5$ cmH₂O. Fünf von acht Probanden der Gruppe B, deren pVD - Anstiege nach 30 ml unter 50 cmH₂O blieb, wurden weitere 10 ml nachinjiziert.

Nach ca. 20 % zusätzlichem Volumen, im Vergleich zur Gruppe A, erreichen die peripheren Venendruckwerte der Gruppe B mit $56,5 \pm 9,5$ cmH₂O gleichhohe Enddrucke. Diese Anstiege sind ebenfalls im t - Test signifikant ($p < 0,01$).

Die gemeinsame, gruppengetrennte Darstellung der Kurvenverläufe (Abb. 4), veranschaulicht die annähernd linearen Anstiege in beiden Gruppen, in Abhängigkeit von Armvolumen und Injektionsmenge.

Klinisch wurde die Volumenbelastung des venösen Gefäßsystems gut vertragen. Die gute Verträglichkeit der sichtbaren, starken Überfüllung (Abb. 8), wie sie auch Eckstein (11) beschreibt, kann auf den 0,125 %igen Mepivacain-Anteil zurückgeführt werden.

3. peripherer Venendruck an der blutleeren, gestauten Extremität

Den unterschiedlichen Armvolumina angepaßte Venendruckwerte waren an der exsanguinierten Extremität bereits nach Injektion von 30 ml der Mischung aus Kontrastmittel, Lokalanästhetikum und Kochsalzlösung nachweisbar.

Der mittlere Venendruck lag in der Gruppe A bei $31,5 \pm 5,1$

cmH₂O, deutlich über dem der Gruppe B mit $16,5 \pm 3,8$ cmH₂O. In Abhängigkeit vom verabreichten Volumen stiegen nach Injektion von insgesamt 45 bzw. 60 ml die Venendruckwerte auf $44,5 \pm 3,7$ cmH₂O bzw. $55,5 \pm 6,9$ cmH₂O in der Gruppe A linear und signifikant ($p < 0,01$) an (Abb. 5).

Bei den Versuchspersonen der Gruppe B zeigte sich nach Gabe von 50, 70 bzw. 80 ml Flüssigkeit ebenfalls ein linearer und statistisch signifikanter Anstieg in die gleichen Venendruckbereiche, mit entsprechend volumenabhängigen versetzten Verlauf (Abb. 6). Die Injektionsmenge von 80 ml war auf die vier Probanden der Gruppe B beschränkt, da eine für diese Gruppe berechneter Mittelwert des pVD - Anstieges, unter der willkürlich gesetzten 50 cmH₂O - Druckgrenze lag. Die beobachteten Druckanstiege erfolgten bis auf $55 \pm 6,8$ cmH₂O. Abbildung 7 zeigt beide Kurvenverläufe in Übereinanderprojektion.

4. Verlaufsbeobachtung

Sowohl bei der Druckmessung an der blutgefüllten, als auch an der blutleeren Extremität erreichten die Venendruckwerte 60 Sekunden nach Injektionsende ihren Spitzenwert (Abbildungen und Tabellen im Anhang).

Nach 2 bis 3 Minuten fiel der periphere Venendruck jedoch ab und es stellte sich ein neues Druck - und Verteilungsniveau ein. Dieser Abfall verlief insgesamt langsamer und erreichte sein niedrigeres Druckniveau nach etwa 5 Minuten. Der weitere Verlauf wurde aus methodischen Gründen nicht abgewartet (Röntgenaufnahme, Manschettendruck).

Unter Röntgendurchleutung konnte eine Gefäßruptur oder ein Abfließen nach zentral über die Druckmanschette hinaus als Ursache für den Venendruckabfall ausgeschlossen werden.

5. röntgenologische Darstellung

Die Füllung der blutgefüllten oberen Extremität mit 25 bzw. 30 ml Injektionsflüssigkeit führte zu einer kompletten Darstellung des venösen Gefäßsystems. Die so erreichte phlebographische Darstellung diente als Ausgangsbestimmung zur Beurteilung der Volumenverteilung nach Injektion in die blutleere, gestaute Extremität.

Die Darstellung und Verteilung des Kontrastmittelanteiles wurde unter Röntgendurchleuchtung beobachtet, um einen insuffizienten Schluß des Tourniquets, wie Rosenberg und Mitarbeiter (32) zeigen, frühzeitig zu erkennen und zu korrigieren.

Die fraktionierte Füllung der blutleeren Extremität zeichnete sich im Vergleich zur blutgefüllten durch zwei Besonderheiten aus:

1. Bereits nach 30 ml Injektionsvolumen war eine komplette Darstellung des kapazitiven Gefäßsystems zu erkennen.
2. Eine deutlich bessere Darstellung der kleineren venösen Gefäßabschnitte, aufgrund einer besseren Verteilung des Kontrastmittelanteils in der exsanguinierten Extremität.

Eine retrograde Füllung mit Kontrastmittel war, sowohl an der blutgefüllten, als auch an der blutleeren Extremität nur spärlich auszumachen.

Die weitere Füllung der exsanguinierten Extremität erfolgte

wie oben beschrieben volumen- und druckadaptiert. Das wirkte sich für die Beurteilung der Röntgenbilder insofern günstig aus, als daß alle Aufnahmen einen vergleichbaren Füllungsgrad aufwiesen und den gleichen Beurteilungskriterien unterworfen werden konnten. Das bedeutete für die Verteilung des Kontrastmittels in Blutleere:

1. Zusätzliche Volumengabe führt zu einer Kaliberzunahme der großen venösen Gefäße und differenzierten Darstellung kleinerer venöser Gefäßareale.
2. Weitere Volumengabe führt zu einer Kontrastmittelanreicherung von distal nach proximal zunehmend als orthograde Füllung, mit einem Maximum im Ellenbogen- und distalen Oberarmbereich.
3. Eine retrograde Füllung ist nur bei großen Injektionsvolumen und bei peripherer Venenpunktion zu erreichen.

Nach der Injektion von 60, 70 bzw. 80 ml zeigte sich in der röntgenologischen Darstellung eine relative Unschärfe des gesamten Gefäßsystems als Zeichen der Kontrastmittelpenetration in das Gefäßendothel. Eine Gefäßruptur war nicht zu beobachten, (Röntgenbilder im Anhang, Abbildung 9 bis 14).

6. klinische Beobachtungen

Bei fünf von fünfzehn Probanden wurden subtoxische Nebenwirkungen unmittelbar nach einzeitigem Öffnen des Tourniquets in Form von Taubheitsgefühl der Zunge und der Lippen, Schwindel und Rauschgefühl, sowie akustischen Sensationen angegeben, die nach 2 bis 3 Minuten abklangen. In einem Fall wurden zusätzlich zur cerebralen Symptomatik, retrosternales Druckgefühl und Atembeschwerden geäußert. Das Beschwerdebild besserte sich nach Sauerstoffgabe und 250 mg Urbason^R i.v. langsam. Die angegebenen Nebenwirkungen bestätigten die Angaben von Dunbar (10), Erikson (13) und Clauberg (7), nach denen es in ca. 2 bis 3% bei der intravenösen Regionalanästhesie zu subtoxischen Erscheinungen kommt. Ernsthafte Komplikationen wurden während des Versuchsablaufes nicht beobachtet.

Obwohl eine mindestens 20 minütige Sperre eingehalten und mit niedriger Lokalanästhetikadosierung gearbeitet wurde, ist aufgrund der Häufigkeit von Nebenwirkungen und der zusätzlichen Verwendung von Kontrastmittel, auf ein langsames, fraktioniertes Öffnen des Tourniquets übergegangen worden. Das alternierende Ablassen wird zudem in der Literatur empfohlen, nachdem Blutspiegeluntersuchungen gezeigt haben, daß es nach schnellem, zügigen Ablassen zu hohen Lokalanästhetikablutspiegeln mit entsprechender Klinik kommt (5, 7, 12, 36, 37).

Die Nebenwirkungsrate ist nach langsamen fraktionierten Ablassen aus der Blutleere deutlich geringer, angegeben durch Erikson (13, 14), Auburger (2) und eigene Beobachtungen. Beim alternierenden Öffnen wird der erste Blutspiegel-

spitzenwert wesentlich niedriger und breiter angegeben, als nach einzeitigem Öffnen (7, 19). In jedem Fall ist einem möglichen Zwischenfall durch entsprechende Vorbereitung Rechnung zu tragen.

In zwei Fällen traten für die Dauer von 24 bzw. 36 Stunden schmerzhaftes Reizzustände der Gefäße und des umgebenden Gewebes mit Rötung und Schwellung auf, ohne daß eine übermäßige Füllung der Gefäße oder extreme Venendrucke vorgelegen hätten.

D Diskussion:

Ausgehend von der Fragestellung nach den Volumina der oberen Extremität wurden in der vorliegenden Studie durch Plethysmographie die Armvolumina und als Differenz aus der Volumenbestimmung an der blutleeren Extremität die intravasale Kapazität ermittelt. Die gemessenen Werte stehen dabei in Einklang mit den von Raj (30) gemachten Untersuchungen. Die Meßwerte zeigen eine große individuelle Streuung, stehen aber in enger Korrelation zu den gemessenen Armvolumina. Eine Zuordnung zum Körpergewicht ist wegen der großen habituellen Unterschiede allerdings abzulehnen und nur in der vorliegenden Studie mit ausschließlich normalgewichtigen Probanden als Ausnahmesituation zu werten. Eine rein schematische Dosierung auf der Basis mg pro kg Körpergewicht ist wie auch von Clauberg (7) und Dunbar (10) abzulehnen, da im Extremfall ein Patient mit ausgesprochener Stammfettsucht ein deutliches Mißverhältnis zum tatsächlichen Armvolumen haben kann.

Die große Variationsbreite der anatomischen Gefäßverhältnisse, wie sie die röntgenologische Darstellung zeigt, bietet nur im Zusammenhang mit dem Armvolumen eine brauchbare Korrelation zur benötigten Lokalanästhetikamenge.

Die langsame Injektionsgeschwindigkeit von weniger als 50 ml pro Minute führt nach Gauer (17) zu einer Anpassung an das neue Druckniveau ohne Überschießen des Druckes. Dies wurde bei der Durchführung berücksichtigt, sodaß die pVD-Messung unmittelbar nach Abschluß der Injektion als Ausdruck der tat-

sächlichen Druckverhältnisse gewertet werden kann.

Exogene Füllungsänderungen bedeuten für die pVD-Veränderungen eine zusammengesetzte Urdache; erstens die Änderung des intravasalen Volumens und zweitens die Änderung der Gefäßwandspannung des Niederdrucksystems. Die Injektion bedeutet eine Volumenzunahme in den Kapazitätsgefäßen, die initial durch das Fehlen an Wandelastizität nicht ausgeglichen werden kann. Die Diskrepanz zwischen zur Verfügung stehendem Gefäßvolumen und injizierter Flüssigkeitsmenge stellt eine Ursache für den peripheren Venendruckanstieg dar. Die Zunahme der druckpassiv bedingten Gefäßweite führt dabei weniger zu einer Widerstandsänderung der Gefäßwand als vielmehr zeitverzögert zu einer Volumenumverteilung innerhalb des kapazitiven Systems. Gegenüber dem arteriellen und präkapillären System spielen nervale Einflüsse für das venöse System bei der normalen Leistungsanpassung eine untergeordnete Rolle. Nachzuvollziehen ist dieser Vorgang aus dem raschen Venendruckanstieg zum Abschluß der Injektion und dem langsamen Abfluß mit Venendruckabfall und vollständiger Verteilung nach etwa drei Minuten, wie es das Röntgenbild zeigt. Die Änderung der Gefäßwandspannung äußert sich zusätzlich in einer Steigerung des Venentonus, ausgelöst durch den Injektionsreiz, zusammengesetzt aus der reinen Volumenbelastung und dem Reiz der injizierten Pharmaka selbst. Die Volumenwirkung auf die Venentonusverhältnisse ist von Meyer (27) im Rahmen der ausgeprägten Volumenverschiebung bei der Orthostase untersucht worden und zeigte als Folge der starken Volumenbelastung des kapazitiven Gefäßsystems einen steilen und starken Anstieg des Venentonus, der nach 2 bis 3 Minuten

wieder abfiel. Dabei scheint eine Korrelation zwischen Reizstärke und Venentonusanstieg zu bestehen.

Der nach 2 bis 3 Minuten einsetzende Abfall des peripheren Venendruckes, wie auch Meyer (27) ihn beobachtete, dürfte in Anbetracht der verwendeten zusammengesetzten Injektionsflüssigkeit mehrere Ursachen haben;

1. Die pathogenetisch wirksamen Mechanismen in der blutleeren Extremität vor der Injektion des Gemisches aus Lokalanästhetikum, Kontrastmittel und physiologischer Kochsalzlösung sind durch die Hypoxie (O_2 -Mangel und CO_2 -Anstieg) und die Gewebsazidose (Anfall von Milchsäure und Adenosin-Phosphat) gekennzeichnet, sowie einem mäßigen Kaliumanstieg. Sie führen zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Vasodilatation, wobei ein vasokonstriktorisch wirksamer Sympathikotonus durch den Anstieg saurer Metaboliten unwirksam wird (17).

Sonst wirksam werdende zirkulierende Katecholamine fallen bei der blockierten Extremität als vasokonstriktorisch wirksame Substanzen aus.

Die Bedingungen in der blutleeren Extremität können so durch die lokalen Besonderheiten generalisierter Schockmechanismen erklärt werden (18).

2. Die injizierte Flüssigkeit besteht zu 50 % aus Substanzen (25 % Mepivacain, 0,5 % und 25 % physiologischer Kochsalzlösung), die bereits wenige Minuten nach Injektion zum größten Teil das venöse Gefäßbett verlassen und in das Interstitium austreten. Dieser Diffusionsprozeß wurde durch radioaktiv markiertes Lokalanästhetikum von Cotev (3) nachgewiesen.

3. Die Gewebsazidose und Hypoxie erhöhen zusätzlich die Gefäß-

wandpermeabilität und erleichtern die Penetration in das umgebende Gewebe (8, 25, 31). Nach Untersuchungen von Dick (9) hat das Lokalanästhetikum keinen zusätzlichen Einfluß auf die ausgeprägte metabolische Azidose.

4. Den insgesamt vasodilatatorisch wirkenden Mechanismen steht nur ein leichter vasokonstriktorischer Effekt des Mepivacain gegenüber (7).

Die venentonussteigernden Injektionsreize sind Ursache für den initialen Venendruckanstieg mit dem Bild der massiv gestauten Venen, wie es ebenfalls Eckstein (12) beobachtete. Nach 2 bis 3 Minuten führen die oben beschriebenen Faktoren zu der nachfolgenden Vasodilatation und Volumenumverteilung. Die sichtbare Venenzeichnung verschwand und der periphere Venendruck fiel langsam ab.

Die Röntgenaufnahmen drei Minuten nach Injektionsende, zeigen sowohl die Kaliberzunahme der großen Venen durch das zunehmende intravasale Volumen als auch eine beginnende Verteilung in die kleineren Gefäßareale. Sie dürften Ausdruck der beginnenden Umverteilung im kapazitiven Gefäßsystem und des Einsetzens der Vasodilatation sein.

Unter Durchleuchtung während der Injektion, konnte ein von Clauberg (7) beschriebener und gefürchteter Gefäßspasmus nicht beobachtet werden. Auch eine initiale Vasodilatation, wie von Eckstein (12) beschrieben, als Wirkung des Lokalanästhetikums konnte nicht nachvollzogen werden.

Eine ausschließliche Volumenüberlastung erklärt die pVD-Anstiege kaum, da wie nachgewiesen wurde, die vorhandene Gefäßkapazität nicht annähernd gefüllt wurde, zumal schon geringe Volumina ein sichtbares Hervortreten der großen oberflächigen Venen zur Folge hatte.

Die Verteilung von Kontrastmittel wurde unter vergleichbaren Bedingungen schon von Raj (30) durchgeführt und er beschreibt den gleichen Verteilungsmechanismus mit hoher Kontrastmitteldichte im Ellenbogen- und im distalen Oberarmbereich.

Die Ausbreitung der Analgesie entwickelt sich aufsteigend von den Fingerspitzen bis zum distalen Oberarm durch die Blockierung der sensiblen Nervenendigungen und partiell der motorischen Endplatten (2, 5, 8, 22, 26).

Selbst der geringe Lokalanästhetikumanteil von 0,125 % in der vorliegenden Untersuchung bestätigt dieses. Damit kann der Untersuchung von Raj (30), worauf die Wirkung des Lokalanästhetikums an den proximalen Nervensträngen eintrifft, nicht beigespflichtet werden.

Aus den bisher beschriebenen Beobachtungen und Messungen leitet sich die Forderung nach hohen Volumina eines Lokalanästhetikums in entsprechend niedriger Konzentration ab. Die gute röntgenologische Darstellung des kapazitiven Gefäßsystems nach hohen Volumina belegt die gute Verteilung des Kontrastmittels im gesamten Gefäßbett und läßt in Übereinstimmung mit Dick (9), Eckstein (11) und Rosenberg (32) durch eine Volumen-erhöhung bei gleichzeitiger Konzentrationsminderung des Lokalanästhetikums eine deutliche Erhöhung der Anästhesiesicherheit und Ausdehnung des Operationsgebietes auf den Ellenbogen- und distalen Oberarmbereich erwarten.

Zusätzlich zu der besseren Verteilung erhöhen größere Injektionsvolumina den intravasalen hydrostatischen Druck und verstärken den Einstrom von Lokalanästhetika in das Interstitium. Die Injektion hoher Volumina ist ebenfalls aus der Tatsache heraus zu fordern, daß nach Hargrove (19) von der injizierten

25 bis 30 % intravasal verbleiben und somit wirkungslos bleiben.

Für die Durchführung der IVRA fallen der sorgfältigen Vorbereitung und Auswahl der Patienten besondere Bedeutung zu, nicht zuletzt weil sich die meisten Einwände und Versager an in diesem Zusammenhang gemachten Fehler entzündeten. Zum Beispiel machte das Anlegen der pneumatischen Druckmanschette bei der Versuchsdurchführung mehrfach Schwierigkeiten, ein Umstand, der bei der Bedeutung einer suffizienten Blutsperrung erwähnt werden muß, zumal Auberger (2) den Abfluß über den Tourniquet als die häufigste Ursache für ungenügende Analgesieergebnisse angibt. Eine totale Sperrfunktion auch bei suffizientem Manschettenschluß wird jedoch von Kalso (21) und Eckstein (12) bezweifelt, ohne daß dieser Beobachtung zu große Bedeutung beigemessen wurde. Dabei ist für die obere Extremität aus anatomischen Gründen einzig und allein der Oberarm für die Manschetttenlage geeignet. Mißerfolge in der Durchführung der IVRA, wie von Katz (22) beschrieben, der den Block unterhalb des Ellenbogens anlegte, dürften auf diesen Umstand zurückzuführen sein. Zur Drucksperrung eignet sich am Besten eine pneumatische Kompressionssperre, die einen sicheren Staudruck von 300 mmHg während der Anästhesiedauer gewährleistet und das fraktionierte Ablassen durch das Umlegen eines Hebels erleichtert. Selbst bei höheren Volumina (bis 80 ml) war ein Abfluß über die Manschette nicht zu beobachten, wie bei Rosenberg (32) nach 60 ml und einem Sperrdruck von 100 bis 150 mmHg über dem systolischen Systemdruck - eine Empfehlung von Thorn-Alquist (36). Ein möglicher Abfluß über Knochengefäße muß in der Bewertung offen gelassen werden.

Ebenso wichtig ist das Anlegen einer Blutsperrre (9, 19). Die günstigen metabolischen Bedingungen der exsanguinierten Extremität für die Penetration des Lokalanästhetikums in das Interstitium wie auch die bessere Verteilung im blutleeren Gefäßsystem erhöhen die Analgesiesicherheit. Die Blutleere muß möglichst komplett sein, um eine zusätzliche Verdünnung des Lokalanästhetikums mit Restblut zu vermeiden. Winnie (38) stellte zu diesem Problem eine pneumatische Manschette für die gesamte obere Extremität vor. Die Verwendung der Esmarch-Binde bewährte sich nach einiger Übung und brachte günstige Voraussetzungen.

Die Dauer der Absperrzeiten ist sowohl nach oben als auch nach unten limitiert. Die klinischen Beobachtungen geben der Argumentation recht, nach denen die Dauer der Blutsperrre direkten Einfluß auf die postanästhesiologische Blutspiegelkonzentration hat. Je kürzer die Absperrphase desto eher entspricht die IVRA der direkten intravenösen Injektion des Lokalanästhetikums mit ihrer intravenösen Injektion des Lokalanästhetikums mit ihrer systemtoxischen Wirkung bishin zum Herzstillstand. Das zeitliche Minimum wird mit 20 bis 30 Minuten angegeben (4, 5, 7, 13, 26). Die Dauer von zwei Stunden sollte andererseits zur Vermeidung hypoxischer und kompressionsbedingter Nervenschäden nicht überschritten werden.

Aus diesen Gründen bietet sich ein mittellang wirkendes Lokalanästhetikum zur IVRA an. Dazu gehören Prilocain, Lidocain und Mepivacain, Lokalanästhetika der Amidgruppe, die sich dadurch auszeichnen, daß sie keinem lokalen Metabolismus am Wirkort unterliegen und nur geringe allergische Eigenschaften haben. Sie haben durch den Wirkungseintritt, der lokalanästhetischen Potenz und der Wirkdauer ein vergleichbares pharma-

kologisches Profil (1, 24). Durch ihren gleich schnellen und zuverlässigen Wirkungseintritt sind sie für mittellange Eingriffe und für ambulante Behandlungen geeignet. Nolte (29) favorisiert dabei Mepivacain aufgrund der niedrigen Toxizität und der über der durchschnittlichen Operationsdauer liegenden Wirkdauer.

Wie bereits in der Ergebnisdarstellung erwähnt, machten subtoxische Nebenwirkungen nach dem einzeitigen Ablassen aus der Blutleere ein Übergehen auf ein fraktioniertes Ablassen notwendig.

In der Literatur werden nach eingehenden Untersuchungen der Kreislauf- und Organwirkungen das alternierende Ablassen und die Mindeststauzeit von 20 bis 30 Minuten gefordert. So wiesen Thorn-Alquist (34) und Erikson (13) weitaus geringere EEG-Veränderungen nach als nach einzeitiger Wiederherstellung der Zirkulation. Andere Untersuchungen bestätigen diese Ergebnisse durch die Messung deutlich niedrigerer und flacherer Blutspiegel nach fraktioniertem Öffnen des Tourniquets (5, 9, 11, 13, 26, 34, 37), die im arteriellen und im venösen Blut nur subtoxische Konzentration erreichen (15, 16).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß trotz der offensichtlichen Vorteile der intravenösen Regionalanästhesie, wie Einfachheit der technischen Durchführung, keine spezielle Prämedikation und Vorbereitung des Patienten und die schnelle Wiederherstellung der vollen Mobilität nach kurzer Ruhezeit, eine sorgfältige Indikationsstellung, Durchführung und Überwachung des Patienten strikt zu fordern sind.

Eine kategorische Ablehnung der Methode, wie durch Kennedy (23), ist bei korrekter und sorgfältiger Auswahl der Patienten zur IVRA nicht nachvollziehbar.

E Zusammenfassung:

In der vorliegenden Studie wurden an 15 gesunden Probanden Druck-Volumen-Beziehungen nach der Injektion eines Kontrastmittelgemisches (50 % Kontrastmittel, 25 % Mepivacain 0,5 % und 25 % physiologische Kochsalzlösung) an der gestauten oberen Extremität und in Blutleere untersucht. Die Verteilung im venösen System wurde röntgenologisch dargestellt. Dazu wurden 25 bzw. 30 ml Kontrastmittel in die gestaute Extremität injiziert.

In die blutleere Extremität wurden zunächst 30 ml injiziert, die Venendruckveränderungen gemessen und dann geröntgt. Entsprechend dem Armvolumen und dem Venendruck wurden zusätzlich bis zu 80 ml gegeben. Die nach Körpergewicht und Armvolumen unterteilten Gruppen zeigten Anstiege des Venendruckes in Abhängigkeit vom Armvolumen und Venentonus. Die plethysmographisch bestimmten Volumina lassen die Venendruckanstiege nicht nur durch die Kapazität des venösen Systems erklären. Rheologische und pharmakologisch bedingte Veränderungen an den venösen Gefäßen müssen mit in Betracht gezogen werden.

Das Kontrastmittel-Gemisch verteilte sich:

1. Bereits nach 30 ml ist eine vollständige Darstellung des kapazitiven Gefäßsystems zu sehen.
2. Zusätzliche Volumina führen zur Kaliberzunahme und Füllung kleinerer Gefäßareale.
3. Eine retrograde Füllung erfolgte nur spärlich und in Abhängigkeit von der Venenpunktionsstelle.

Bei der Untersuchung fanden sich nach dem Öffnen des Tourniquetes prodromale toxische Erscheinungen (Taubheitsgefühl der Zunge

und Lippen, Schwindel, Rauschzustände und akustische Sensationen). In einem Fall wurden retrosternales Druckgefühl und Atembeschwerden beobachtet.

Zusammenfassend kann die IVRA befürwortet werden bei:

1. Möglichst peripherem venösen Zugang.
2. Größeren Mengen niederkonzentrierter Lokalanästhetika.
3. Dauer der Blutleere von 20 Minuten bis 2 Stunden.
4. Fraktioniertem Öffnen des Tourniquets.

F Literaturverzeichnis:

1. Astra Chemicals: Chemie - Pharmakologie
Wahl des Lokalanästhetikums 1/1979
2. Auberger, H.,
Iffland, R.: Plasmakonzentrationen verschiedener
Lokalanästhetika von Amidstruktur
bei der intravenösen Regionalanäs-
thesie der oberen und unteren
Gliedermaßen
Z. prakt. Anästhesie. Wiederbeleb.
1967, 2:395
3. Auberger, H.: Intravasale und intraossale regionale
Anästhesieverfahren.
In: Kilian, H. (Hrsg.): Lokalanäs-
thesie und Lokalanästhetika
Thieme Verlag, Stuttgart 1970, 2. Aufl.
S. 690 - 697
4. Bell, H.,
Slater, E.M.,
Harris, W.H.: Intravenous regional anaesthesia
J. Amer. Med. Ass. 1963, 186:544
5. Bergmann, H.: Zur intravenösen Lokalanästhesie
Wien. Klin. Wschr. 1965, 77:729

6. Bier, A.: Über einen neuen Weg Lokalanästhesie an den Gliedmaßen zu erzeugen.
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 1908, 86:1007
7. Clauberg, G.,
Schlaegel, U.,
Harter, P.: Die intravenöse regionale Lokalanästhesie im Bereich der oberen Extremität.
Anästhesist 1972, 21:277
8. Cotev, S.,
Robin, D.G.: Experimental studies of intravenous regional anaesthesia using radioactiv lignicain.
Brit. J. Anaesth. 1966, 38:936
9. Dick, W.,
Teuteberg, H.,
Wessinghage, D.,
Willebrand, H.: Klinische und experimentelle Untersuchungen zur intravenösen Regionalanästhesie, II! Experimentelle Untersuchungen.
Anästhesist 1972, 21:107
10. Dunbar, R.W.,
Mazze, R.I.: Intravenous regional anaesthesia: Experience with 779 cases.
Anaesth. Analg. Curr. Res. 1967, 46:806

16. Foldes, F.F., The intravenous toxicity of local
Davidson, anaesthetic agents in man.
Duncalf, Clin. Pharmacol. Ther. 1965, 6:328
Kuwabra,:
17. Gauer, O.H., Physiologie des Menschen Band 3
Koepchen, H.P.: Herz und Kreislauf
München - Berlin - Wien 1972, Verlag
Urban-Schwarzenberg
18. Gersmeyer, E.F., Schock
Yasargil, E.: Thieme Verlag, Stuttgart 1978, 2. Aufl.
19. Hargrove, R.L., Blood levels of local anaesthetics
Hoyle, J.R., following regional anaesthesia.
Bayes et al, R.N.: Acta Anaesth. Scand. (Suppl.) 1969,
34:115 - 120
20. Hoyle, J.R.: Tourniquet for intravenous regional
analgesia
Anaesthesia 1964, 19:294
21. Kalso, E., Bupivacaine blood levels after intra-
Tuominen, M., venous regional anaesthesia of the arm.
Rosenberg, P.H., Regional-Anästhesie 1982, 5:81
Alila, A.:

28. Moritz, F.,
Tabora v., D.:
Über eine Methode, beim Menschen
den Druck in den oberflächlichen
Venen exakt zu bestimmen.
Dtsch. Arch. Klin. Med. 1910,
98:475
29. Nolte, H.:
Die Technik der Lokalanästhesie
aus: Anästhesiologie und Wiederbe-
lebung, Band 14
Berlin - Heidelberg - New York,
Springer Verlag 1966
30. Raj, P.P.,
Garcia, C.E.,
Burleson, J.W.,
Jenkins, M.T.:
The site of action of intravenous
regional anaesthesia.
Anaesth. Analgesia 1972, 51:776
31. Rietbrock, N.,
Herken, W.:
Verteilung und Ausscheidung von
Pharmaka in Abhängigkeit vom
Säure-Basen-Status.
Anästhesist 1970, 19:60
32. Rosenberg, P.H.,
Kalso, E.,
Tuominen, M.,
Linder, H.B.:
Acute bupivacaine toxicity as a
result of venous leakage under the
tourniquet cuff during a Bier block.
Anaesthesiology 1982, 58:95

33. Stanton-Hicks, M.: Anatomie und Pharmakologie der intravenösen Regionalanästhesie (IVRA).
VIII. Int. Symposion über die Regionalanästhesie 1984
34. Thorn-Alquist, A.M.: Muscle relaxation with intravenous regional anaesthesia.
Acta Anaesth. Scand. 1966, 10:65
35. Thorn-Alquist, A.M.: Intravenous regional anaesthesia
Acta Anaesth. Scand. (Suppl.) 1971
40:1
36. Thorn-Alquist, A.M.: Intravenous regional anaesthesia.
Illustrated Handbook in Local Anaesthesia, 2. Edition
Edited by Erikson, F., Philadelphia
W.B. Saunders 1980 pp. 47 - 48
37. Tucker, G.T.,
Boas, R.A.: Pharmacokinetic aspects of intravenous regional anaesthesia.
Anaesthesiology 1971, 34:531 - 549
38. Winnie, A.P.,
Ramamurthy, S.: Pneumatic exsanguination for intravenous anaesthesia.
Anaesthesiology 1970, 33:664 - 665

G. Anhang:

Tabellen 1 bis 6b

Abbildungen 1 bis 14

Tabelle 1

Gruppe A		N = 7	
mittlere Körpergröße	(cm)	167 $\pm$ 4,0	(162 - 172)
mittleres Körpergewicht	(kg)	58 $\pm$ 5,0	(50 - 63)
mittleres Armvolumen	(ml)	1630 $\pm$ 182	(1380 - 1850)
mittleres Armvolumen in Blutleere	(ml)	1525 $\pm$ 173	(1290 - 1740)
mittleres intravasales Armvolumen	(ml)	104 $\pm$ 16	(80 - 130)

Tabelle 2

Gruppe B		N = 8	
mittlere Körpergröße	(cm)	184 $\pm$ 6,4	(177 - 180)
mittleres Körpergewicht	(kg)	80,75 $\pm$ 5,3	(72 - 84)
mittleres Armvolumen	(ml)	2475 $\pm$ 261	(2100 - 2790)
mittleres Armvolumen in Blutleere	(ml)	2330 $\pm$ 257	(1970 - 2630)
mittleres intravasales Armvolumen	(ml)	144 $\pm$ 17	(120 - 170)

in Klammern : Streubreite

Tabelle 3

Proband	Geschlecht	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Armvolume (ml)	Armvolume in Blutleere (ml)	Intravasales Volumen (ml)
1. A.H.	w	26	162	50	1490	1390	100
2. J.B.	m	24	164	59	1850	1740	110
3. J.O.	m	20	185	72	2100	1970	130
4. P.M.	m	23	180	82	2250	2100	150
5. T.L.	m	27	183	88	2790	2630	160
6. B.J.	m	29	182	80	2440	2270	170
7. H.K.	w	24	164	52	1380	1290	90
8. R.H.	w	28	168	59	1790	1680	110
9. J.Y.	m	43	178	84	2750	2600	150
10. A.K.	w	21	168	61	1500	1420	80
11. P.B.	m	28	177	74	2300	2160	140
12. R.S.	m	25	196	84	2750	2620	130
13. V.H.	m	26	190	82	2410	2290	120
14. M.M.	w	28	172	62	1620	1490	130
15. W.S.	m	26	172	63	1790	1680	110
m = 10		$\bar{X}$	176	70	2080	1955	125.5
w = 5		St.A.	10.1	12.8	487	467	25.9
		St.d. $\bar{X}$	1.4	3.3	126	121	6.7

$\bar{X}$ = Mittelwert, St.A. = Standardabweichung, St.d. $\bar{X}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

Tabelle 4a

Proband	Geschlecht	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Arm- volumen (ml)	Arm- volumen in Blutleere (ml)	Intravasales Volumen (ml)
1. A.H.	w	26	162	50	1490	1390	100
2. J.B.	m	24	164	59	1850	1740	110
3. H.K.	w	24	164	52	1380	1290	90
4. R.H.	w	28	168	59	1790	1680	110
5. A.K.	w	21	168	61	1500	1420	80
6. M.M.	w	28	172	62	1620	1490	130
7. W.S.	m	26	172	63	1790	1680	110
m = 2	$\bar{X}$	25.3	167	58	1630	1525	104
w = 5	St.A	2.5	4.0	5.0	182	173	16
	St.d. $\bar{X}$	0.9	1.5	1.9	69	65.5	6.0

$\bar{X}$ = Mittelwert, St.A. = Standardabweichung, St.d. $\bar{X}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

Tabelle 4b Gruppe B

Proband	Geschlecht	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Armvolume (ml)	Armvolume in Blulleere (ml)	Intravasales Volumen (ml)
1. J.O.	m	20	185	72	2100	1970	130
2. P.M.	m	23	180	82	2250	2100	150
3. T.L.	m	27	183	88	2790	2630	160
4. B.J.	m	29	182	80	2440	2270	170
5. J.Y.	m	43	178	84	2750	2600	150
6. P.B.	m	28	177	74	2300	2160	140
7. R.S.	m	25	196	84	2750	2620	130
8. V.H.	m	26	190	82	2410	2290	120
m = 8	$\bar{X}$	27.6	184	80.75	2475	2330	144
w = 0	St.A	6.8	6.4	5.3	261	257	17
	St.d. $\bar{X}$	2.4	2.3	1.9	92	91	6.0

$\bar{X}$ = Mittelwert, St.A. = Standardabweichung, St.d. $\bar{X}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

Tabelle 5a

Gruppe A

Proband	pVD (0 ml) cm H ₂ O	+15 ml	+25 ml
1. A.H.	18.5 ²⁰	31.0	44.5
2. J.B.	25.0	49.0	67.5
3. R.H.	29.0	40.0	53.0
4. H.K.	21.0	45.0	59.5
5. A.K.	24.0	43.0	63.0
6. M.M.	19.5	35.5	52.0
7. W.S.	15.5	35.0	54.0
$\bar{X}$	21.8	39.8	56.1
St.A.	4.5	6.3	7.8
St.d. $\bar{X}$.	1.7	2.4	2.95

Tabelle 5b

Gruppe B

Proband	pVD (0 ml) cm H ₂ O	+15 ml	+25 ml	+30 ml
1. J.O.	25.0	39.0	51.0	--
2. P.M.	22.0	44.0	54.0	--
3. T.L.	22.0	46.0	55.0	69.0
4. J.Y.	26.5	29.0	34.5	44.0
5. P.B.	22.0	29.0	39.0	--
6. B.J.	21.5	32.0	49.0	61.0
7. R.S.	20.5	35.0	48.0	--
8. V.H.	21.0	29.5	40.0	51.0
$\bar{X}$	22.5	35.4	46.3	56.6
St.A.	2.1	6.8	7.55	9.6
St.d. $\bar{X}$.	0.7	2.4	2.7	4.3

$\bar{X}$ = Mittelwert

St.A. = Standardabweichung

St.d. $\bar{X}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

pVD = peripherer Venedruck in cm H₂O

Tabelle 6a

Gruppe A

Proband	pVD (+30 ml) cm H ₂ O	+45 ml	+60 ml
1. A.H.	32.5	39.0	52.0
2. J.B.	29.0	47.5	62.0
3. H.K.	35.0	44.0	53.0
4. R.H.	33.0	48.0	59.5
5. A.K.	37.0	43.0	62.0
6. M.M.	22.5	45.0	63.0
$\bar{X}$	31.5	44.5	55.5
St.A.	5.2	3.7	6.9
St.d. $\bar{X}$.	2.1	1.6	2.5

Tabelle 6b

Gruppe B

Proband	pVD (+30 ml) cm H ₂ O	+50 ml	+70 ml	+80 ml
1. J.O.	20.5	39.0	52.0	--
2. P.M.	12.5	44.0	60.0	--
3. T.L.	24.0	46.0	78.5	--
4. B.J.	15.5	39.0	62.0	--
5. J.Y.	17.5	28.5	53.0	65.0
6. P.B.	15.0	25.0	42.0	52.0
7. R.S.	12.5	28.0	38.5	51.0
8. V.H.	18.5	32.5	49.5	51.0
9. W.S.	14.5	36.5	61.0	--
$\bar{X}$	16.7	35.4	55.2	55.0
St.A.	3.8	7.35	11.9	6.8
St.d. $\bar{X}$	1.3	2.45	4.0	3.4

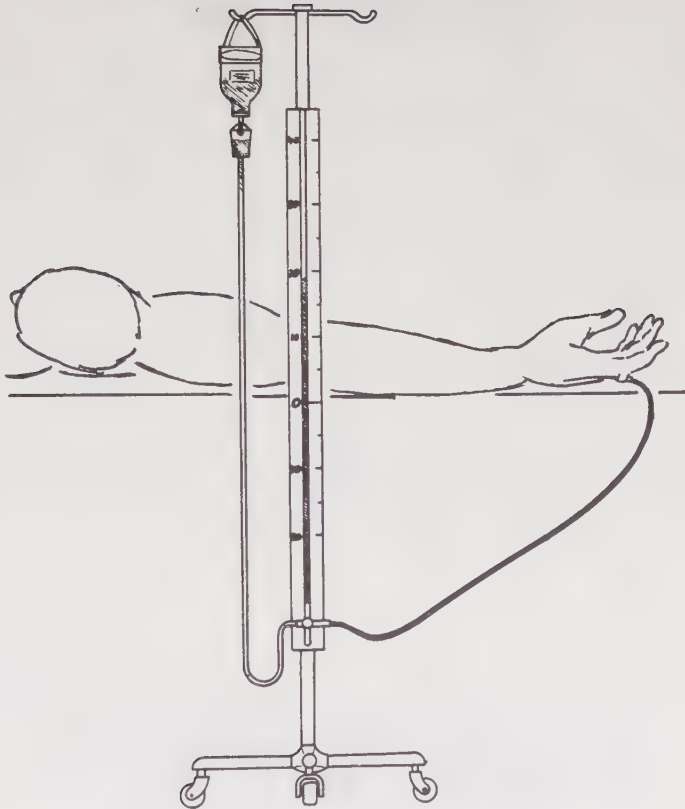
$\bar{X}$ = Mittelwert

St.A. = Standardabweichung

St.d. $\bar{X}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

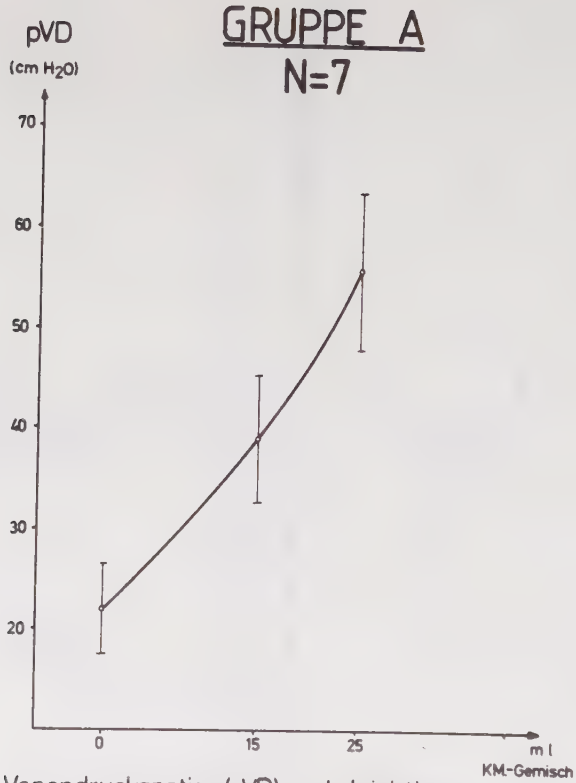
pVD = peripherer Venendruck in cm H₂O

Abb. 1



Versuchsanordnung zur Messung des peripheren Venendruckes nach dem Prinzip der Flüssigkeitsmanometrie (Moritz und von Tabora (28)).

Abb. 2

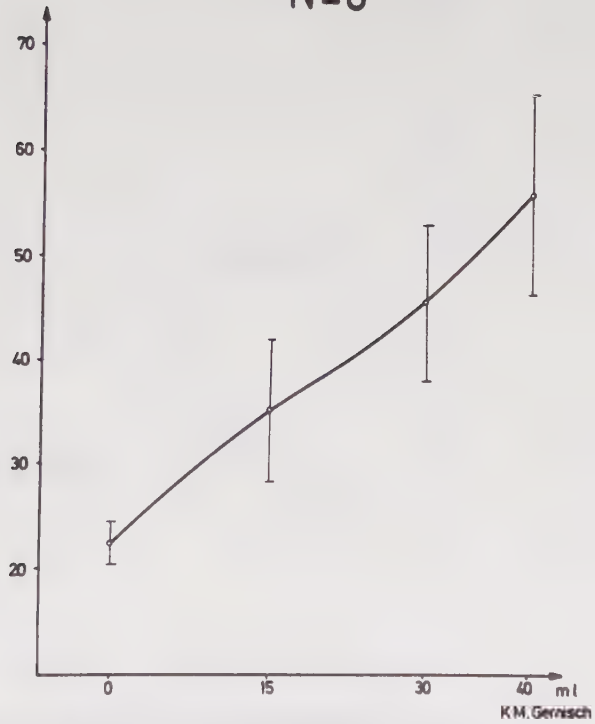


Venendruckanstieg (pVD) nach Injektion
von 15 und 25 ml KM. am 300 mm langen
gestauten Arm

Abb. 3

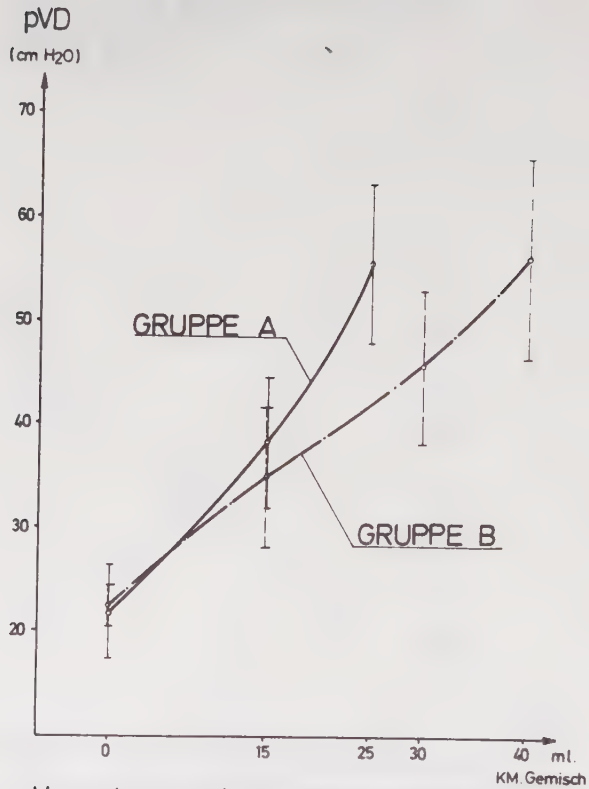
(pVD)
(cm H₂O)

GRUPPE B
N=8



Venendruckanstieg (pVD) nach fraktionierter
Injektion von 15, 30 und 40 ml KM. am
300 mm langen gestauten Arm.

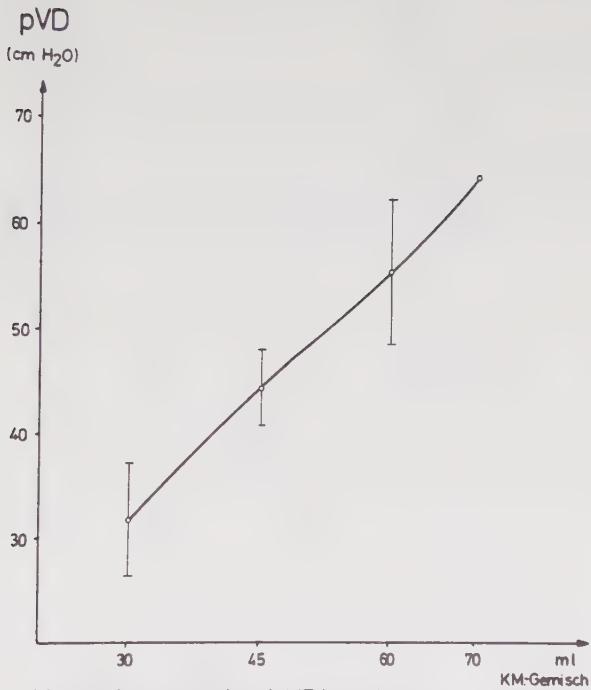
Abb. 4



Venendruckanstieg (pVD) nach Injektion
des KM. am 300 mm langen gestauten Arm

Abb. 5

GRUPPE A N=7

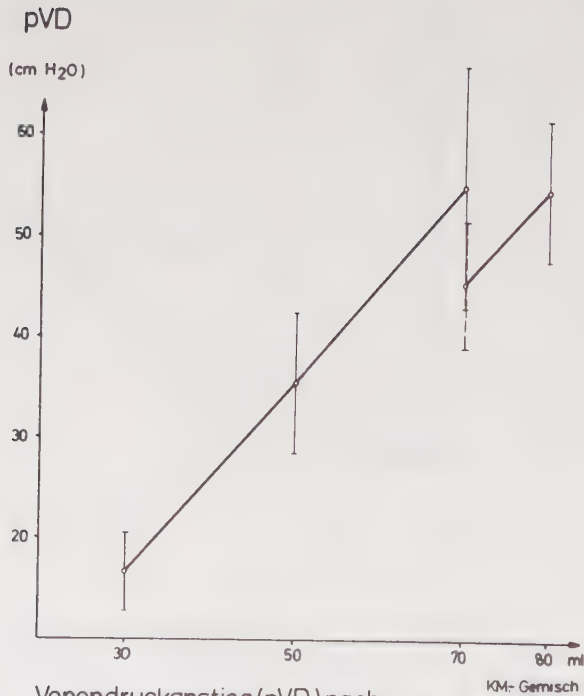


Venendruckanstieg (pVD) nach
fraktionierter Injektion von 30,45 und 60 ml.
KM. in die blutleere Extremität

Abb. 6

GRUPPE B

N=8

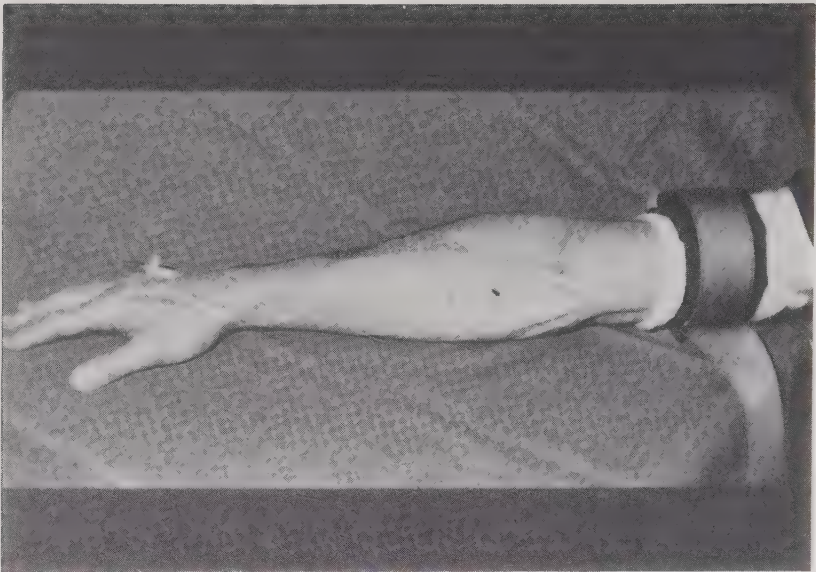


Venendruckanstieg (pVD) nach
fraktionierter Injektion von 30, 50, 70 und 80 ml.
KM. in die blutleere Extremität

Abb. 7



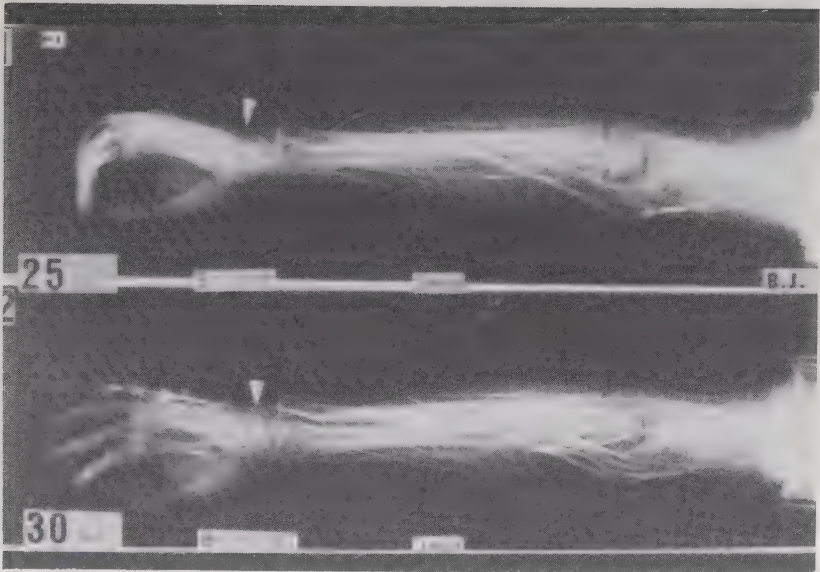
Venendruckanstieg (pVD) nach Füllung
der blutleeren Extremität durch
fraktionierter Volumengabe



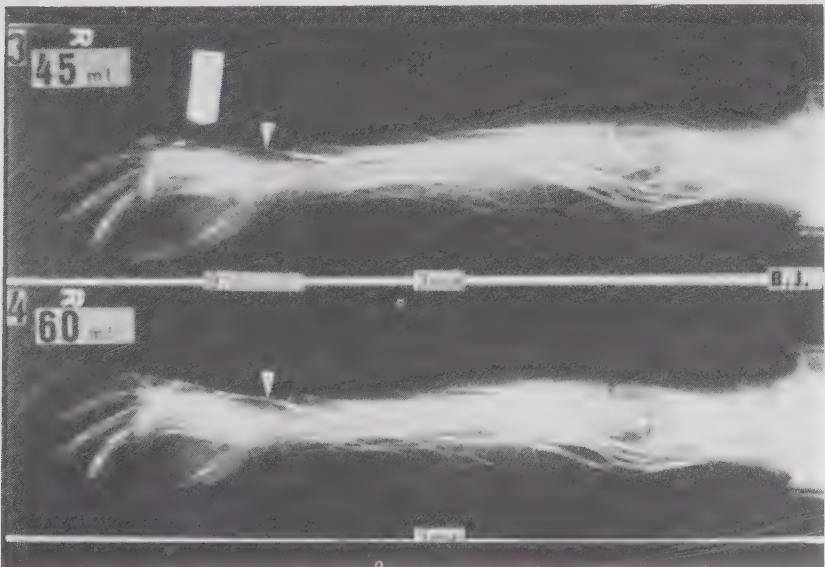
Die mit dem Kontrastmittelgemisch maximal gefüllte obere Extremität bietet unmittelbar nach Injektionsende das Bild der massiv gefüllten oberflächlichen Venen, das sich innerhalb einer Minute wieder zurückbildet.

(B.J. Gruppe "B", 80 kg, 2440 ml Armvolumen, 70 ml Injektionsvolumen in die blutleere, gestaute Extremität)

Abb. 8

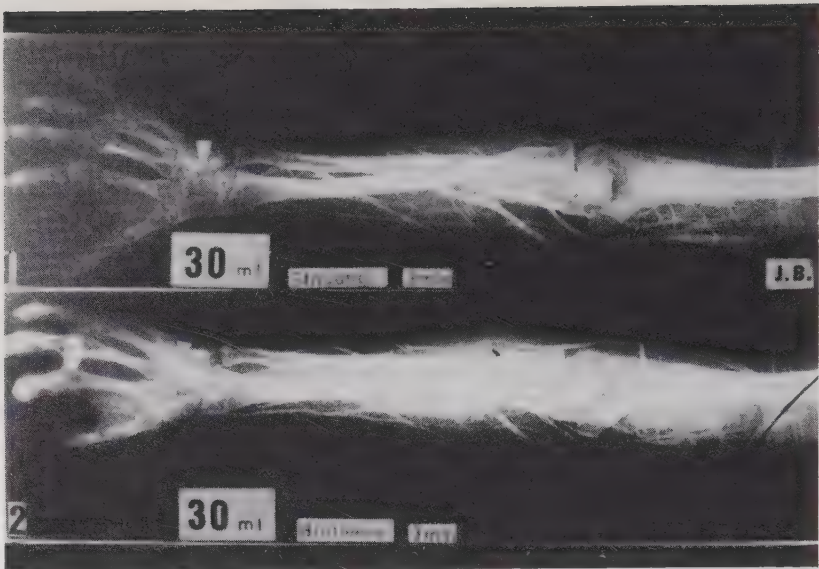


1. Phlebogramm nach kompletter Füllung (25 ml Injektionsvolumen, 3 Min. nach Injektion) der blutgefüllten oberen Extremität eines Probanden der Gruppe "A".
2. fraktionierte Füllung der blutleeren Extremität, begonnen mit 30 ml Kontrastmittelgemisch.

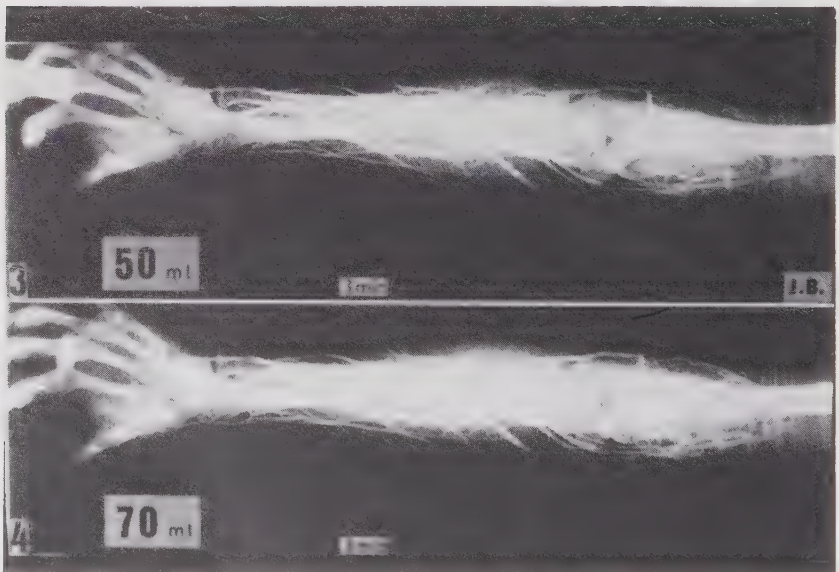


3. und 4.: phlebeographische Darstellung nach 45 und 60 ml Volumenzufuhr mit zunehmender Darstellung der kleineren, venösen Gefäßareale und kaliberzunahme der großen Venen.

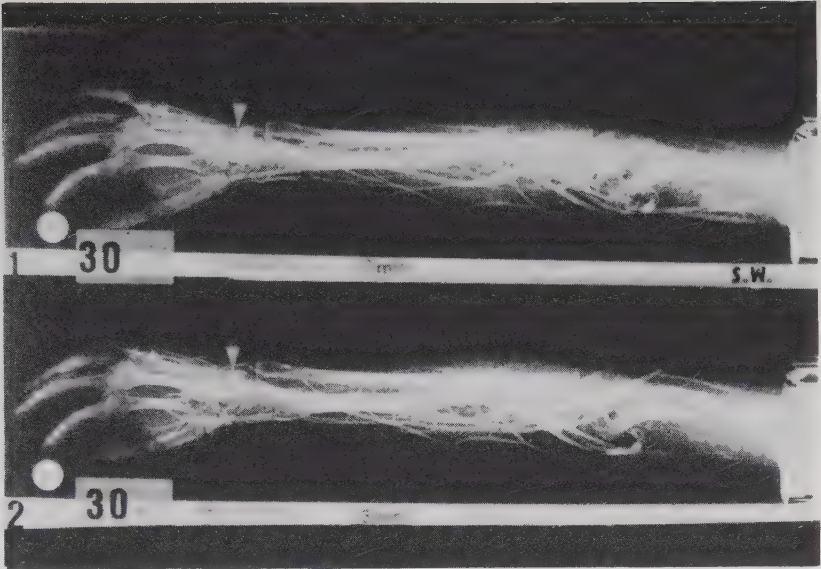
Abb 9



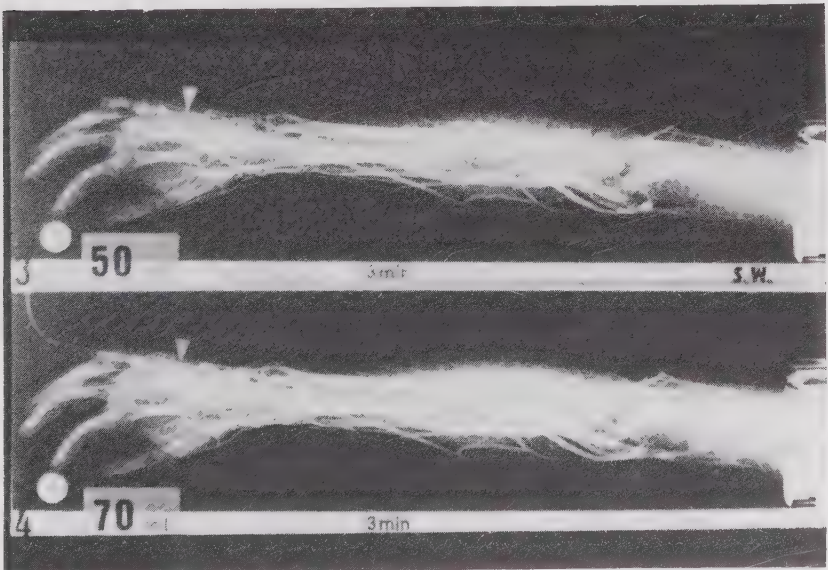
1. Phlebogramm nach kompletter Füllung (30 ml Injektionsvolumen, 3 Min. nach Injektion) der blutgefüllten oberen Extremität eines Probanden der Gruppe "B".
2. fraktionierte Füllung der blutleeren Extremität, begonnen mit 30 ml Kontrastmittelgemisch.



3. und 4. phlebographische Darstellung nach 50 und 70 ml Füllungsvolumen mit zunehmender Darstellung der kleineren venösen Gefäßareale und Kaliberzunahme der großen Venen.

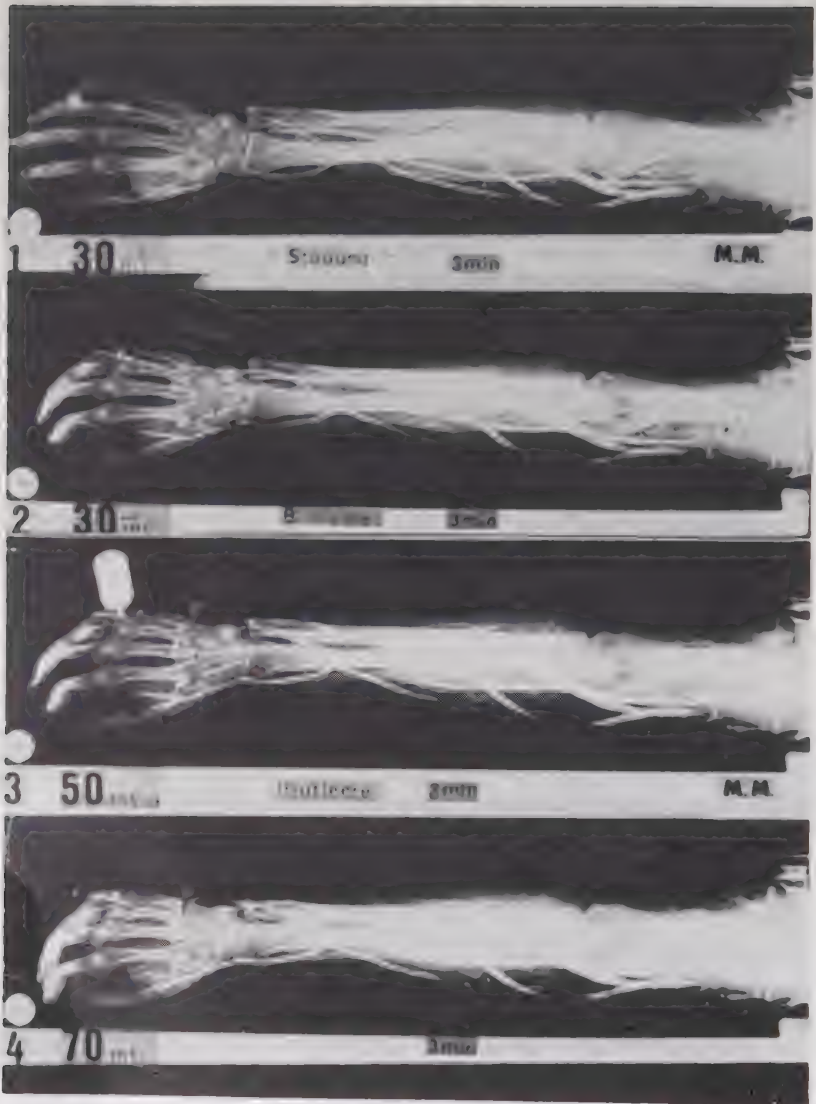


Im Vergleich zur blutgefüllten, gestauten Extremität stellt sich das kapazitive Gefäßsystem der blutleeren, gestauten Extremität nach 30 ml Injektionsmenge differenzierter und stärker gefüllt dar.



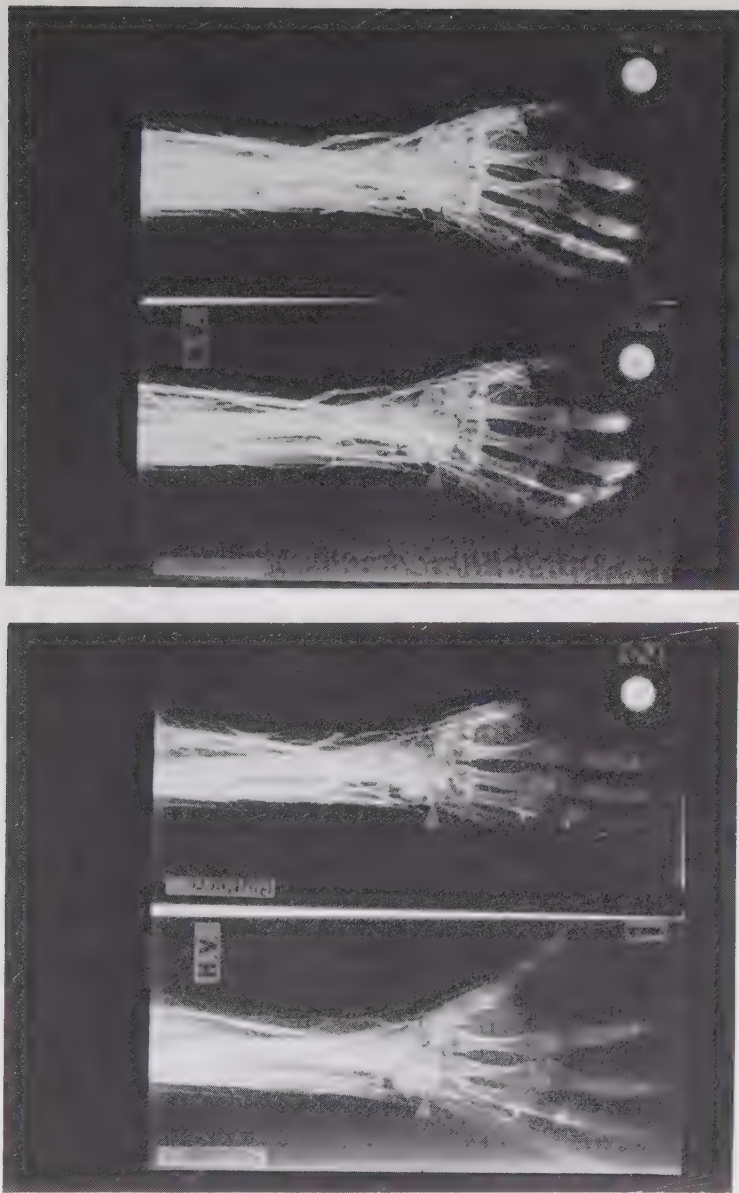
Fraktionierte Volumenzufuhr führt zu einer vollständigen Darstellung des venösen Gefäßsystems mit hohem intravasalem Venendruck. Als Folge der Venendruckverhältnisse tritt Kontrastmittel in das Gefäßendothel über mit dem Eindruck der relativen Bildunschärfe.

Abb. 11



Die periphere Kanülenlage (Pfeil ∇) begünstigt eine gute, volumenabhängige Füllung und röntgenologische Darstellung der kleinen Venen im Mittelhandbereich. Sichtbare Kaliberzunahme der größeren venösen Gefäße im proximalen Unterarm- und Ellenbogenbereich.

Abb. 12



Röntgenbildausschnitt (Unterarm und Hand) eines Probanden der Gruppe "B" nach Füllung der blutgefüllten Extremität mit 30 ml Injektionsvolumen (1) und der blutleeren Extremität fraktioniert mit 30, 50 und 70 ml Kontrastmittelgemisch (2 - 4). In Abhängigkeit von der Injektionsmenge und der Punktionsstelle (Pfeil ▼) stellen sich die Venen im Mittelhandbereich und der Endphalangen relativ spärlich gefüllt dar.

Abb. 14



Röntgenbildausschnitt (Unterarm und Hand) wie in Abbildung 13.

Im Vergleich zum Probanden in Abb. 13 liegt die Punktionsstelle im Bereich der distalen Mittelhand mit dem Ergebnis einer günstigeren Verteilung und besseren Darstellung der distalen Gefäßabschnitte, die volumenabhängig (30, 50 und 70 ml) noch zunimmt.

H Lebenslauf:

Als ältester Sohn des Ehepaares Heinrich und Gunda Jebesen, geb. Herrmannsen, wurde ich, Bendix Jebesen, am 24.2.1954 auf Dagebüllsdamm / Kreis Nordfriesland geboren.

Ostern 1960 Einschulung in die Volksschule Kleiseerkoog. Nach bestandener Aufnahmeprüfung 1964 Wechsel an das Gymnasium der Friedrich-Paulsen-Schule in Niebüll. Abschluß der Schulausbildung mit der Erlangung der allgemeinen Hochschulreife im Juli 1974.

Oktober bis Dezember 1974 Grundausbildung im Sanitätsdienst der Bundesmarine. Im Anschluß als Werkstudent tätig im St. Franziskus Hospital in Flensburg bis zur Aufnahme des Medizinstudiums zum Sommersemester 1975 an der Universität Köln. 1978 nach sechs Semestern und dem Abschluß des 1. klinischen Teils Wechsel an die Westfälische Wilhelms Universität zu Münster. Juli 1981 Abschluß des Studiums mit dem Erlangen der Approbation.

Juli 1981 bis September 1982 arbeitete ich als Assistenzarzt im Institut für Anaesthesiologie im Klinikum Minden.

Seit September 1982 Assistenzarztstätigkeit in der Medizinischen Klinik im Klinikum Minden.

Seit Oktober 1981 bin ich mit Frau Ursula Jebesen, geb. Müller, verheiratet und wohne mit unserem gemeinsamen Sohn Matthias in Minden.

Danksagung

Für die Überlassung des Themas zur vorliegenden Arbeit, verbunden mit der Möglichkeit über die Ergebnisse im Rahmen des VIII. Internationalen Anästhesiesymposium in Minden am 28.1.84 berichten zu können, gilt mein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. Nolte, Leiter des Institutes für Anästhesiologie am Klinikum Minden.

Dank gilt insbesondere auch Herrn Dr. Meyer, Oberarzt am Institut für Anästhesiologie, für seine Hinweise bei der organisatorischen Durchführung.

Dank gilt Herrn Dr. Scheybani, Chefarzt der Abteilung für Röntgenologie und Strahlentherapie, für seine fachkundige Beratung bei der Durchführung der phlebographischen Untersuchung, sowie allen Mitarbeitern und Kollegen für ihre kollegiale Zusammenarbeit.

